5П

УДК 004.891.3

***В.А. Плотников, В.А. Санжаревский***
Государственный университет информатики и искусственного интеллекта
г. Донецк, Украина
lkariesl@mail.ru

# Стенд для исследования проблем, построения и испытания системы предотвращения столкновения объектов на основе использования массива микроволновых сенсоров

Данная статья посвящена разработке стенда, позволяющего исследовать проблемы, связанные с построением системы предотвращения столкновений объектов с помощью массива микроволновых сенсоров.

## Введение

Созданием систем, позволяющих избежать столкновение объектов, занимаются во многих странах мира – Франции, Германии, Швеции, России. Эти системы могут использоваться для различных целей, например: предотвращение столкновений автомобилей, роботов, автоматизированного машинного оборудования на заводах. Современные скорости развития технологий требуют от производителей повышения защищенности людей от возможности получить травмы, используя оборудование. Также высока актуальность безопасности пешеходов ввиду высоких скоростей на дорогах. Многие автомобильные корпорации тратят большие суммы денег на разработку систем, обеспечивающих торможение автомобиля в случае экстренной ситуации. Поэтому считают, что система предотвращения столкновений с различными объектами может существенно поднять безопасность использования автоматического оборудования и роботов, поможет сократить количество ДТП с участием пешеходов на дорогах. Использование микроволновых сенсоров приведет к повышению эффективности работы системы предотвращения столкновения объектов, позволит сократить экономические затраты на обеспечение работы системы предотвращения столкновения объектов, позволит расширить сферу применения систем предотвращения столкновения объектов.

**Целью данной работы** является разработка стенда для исследования проблем, построения и испытания системы предотвращения столкновения объектов на основе использования массива микроволновых сенсоров.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

– провести обзор актуальности использования системы предотвращения столкновения объектов;
– описать эффект Доплера, позволяющий исследовать движение объектов вокруг сенсоров;
– рассмотреть принципы работы микроволновых сенсоров;
– предложить структуру стенда с использованием микроволновых сенсоров.

# 1. Эффект Доплера

Эффект Доплера описывает сдвиг частоты сигнала в зависимости от относительного движения источника и приемника. Так волна, посланная источником, который удаляется от приемника, будет приниматься им на меньшей частоте по сравнению с волной от неподвижного источника или от источника, приближающегося к приемнику. Если же приемник приближается к неподвижному источнику, то частота принимаемой им волны будет больше по сравнению с неподвижным приемником или приемником, удаляющимся от источника. Это явление обнаружил Христиан Доплер в 1842 году.

## Источник движется, приемник остаётся неподвижным

Предположим, что источник, излучающий импульсы с периодом T, движется со скоростью v относительно среды по направлению к покоящемуся приемнику. В момент времени $t = 0$ расстояние между источником и приемником равно L. Первый импульс достигнет приемника в момент времени $t = \frac{L}{u}$, где u – скорость волны. Второй импульс будет послан к приемнику в момент времени $t = T$, когда расстояние между источником и приемником равно $L1 = L - vT$. Таким образом, второй импульс достигнет приемника в момент времени $t1 = T + \frac{(L - vT)}{u}$. В результате, приемник будет регистрировать импульсы с периодом (1):

$$T\partial on = t1 - t = T(1 - \frac{v}{u}). \qquad (1)$$

Таким образом, частота сигнала $F\partial on$, регистрируемого приемником, равна (2):

$$F\partial on = \frac{F}{(1 - \frac{v}{u})} \text{ (источник движется навстречу приемнику),} \qquad (2)$$

где $F$ – частота сигнала, излучаемого источником. Мы видим из этого выражения, что, когда источник движется по направлению к приёмнику, частота регистрируемого сигнала увеличивается на величину $\frac{Fv}{u}$, называемую доплеровским сдвигом частоты. Наоборот, когда источник движется от приемника, частота регистрируемого сигнала уменьшается в соответствии с выражением (3):

$$F\partial on = \frac{F}{(1 + \frac{v}{u})} \text{ (источник движется от приемника).} \qquad (3)$$

В случае движущегося источника эффект Доплера возникает из-за того, что изменяется длина волны, распространяющейся от источника к приемнику. Это хорошо видно на рис. 1 [1].



Рисунок 1 – Источник движется, приемник остаётся неподвижным

## Приемник движется, источник остаётся неподвижным

Рассмотрим далее случай, когда приемник движется, а источник волны неподвижен (рис. 2). В этом случае длина волны не меняется и доплеровский сдвиг частоты возникает из-за того, что изменяется скорость волны w относительно приемника формулы (4) и (5):

$$w = u + v \text{ (приемник движется по направлению к источнику),} \quad (4)$$

$$w = u - v \text{ (приемник движется по направлению от источника).} \quad (5)$$

Так как $F доп = \frac{w}{l}$, а исходная частота источника $F = \frac{u}{10}$ и l = 10, мы получаем выражения (6) и (7).

$$F доп = F(1 + \frac{v}{u}) \text{ (приемник движется по направлению к источнику),} \quad (6)$$

$$F доп = F(1 + \frac{v}{u}) \text{ (приемник движется по направлению от источника).} \quad (7)$$



Рисунок 2 – Приемник движется, источник остаётся неподвижным

Как мы можем видеть из этих рассуждений, сдвиг частоты будет разным в зависимости от того, что движется: приемник или источник. Особенно это заметно, если скорость источника или приемника близка к скорости волны. На первый взгляд может показаться, что это противоречит принципу относительности: какая разница что движется – источник или приемник. На самом деле важно не относительное движение приемника и источника, а их движение относительно упругой среды, в которой распространяется волна. При этом скорость распространения волны не зависит от движения источника и приемника. В отличие от акустической волны, для электромагнитной волны явления сдвига частоты протекают совершенно одинаково при движении источника и приемника [2].

# 2. Микроволновые сенсоры

Принцип действия микроволнового активного метода обнаружения основан на излучении в окружающее пространство электромагнитного поля СВЧ диапазона и регистрации его изменений, вызванных отражением от объекта, движущегося в зоне чувствительности сенсора. Микроволновые активные сенсоры, реализующие этот метод, относятся к классу детекторов движения.

Микроволновые сенсоры состоят из следующих основных элементов:

– СВЧ генератора;

– антенной системы, создающей электромагнитное поле в окружающем пространстве, принимающей отраженные сигналы, формирующей диаграмму направленности сенсора и определяющей форму пространственной зоны чувствительности;

– СВЧ приемника, регистрирующего изменение характеристик принятого сигнала;

– блока обработки, выделяющего сигналы, обусловленные движущимся человеком, на фоне помех.

Перемещение объекта приводит к появлению изменяющегося во времени отраженного сигнала. Здесь различают два эффекта: изменение пространственной картины стоячих волн и частотный сдвиг отраженной от движущегося человека волны (эффект Доплера). Микроволновые сенсоры, основанные на регистрации первого эффекта, называются амплитудно-модуляционными, второго – доплеровскими. Говоря в общем, оба этих эффекта неразрывно связаны, имеют общую природу и одинаковое проявление, и поэтому практически неразделимы.

По сути, отличие проявляется в структуре построения и характеристиках СВЧ приемника микроволнового сенсора. Наибольшее распространение получили доплеровские микроволновые сенсоры, имеющие более высокую чувствительность. Доплеровский сдвиг частоты возникает при движении объекта вдоль луча, частота отраженного сигнала возрастает при движении к сенсору и уменьшается при движении от сенсора. Абсолютная величина сдвига частоты сигнала пропорциональна частоте зондирующего сигнала и составляющей скорости движения вдоль луча [3].

# 3. Структура стенда с использованием микроволновых сенсоров

Стенд для исследования возможности предотвращения столкновения объектов на основе информации, поступающей с массива микроволновых сенсоров, работающих на эффекте Доплера, показан на рис 3.

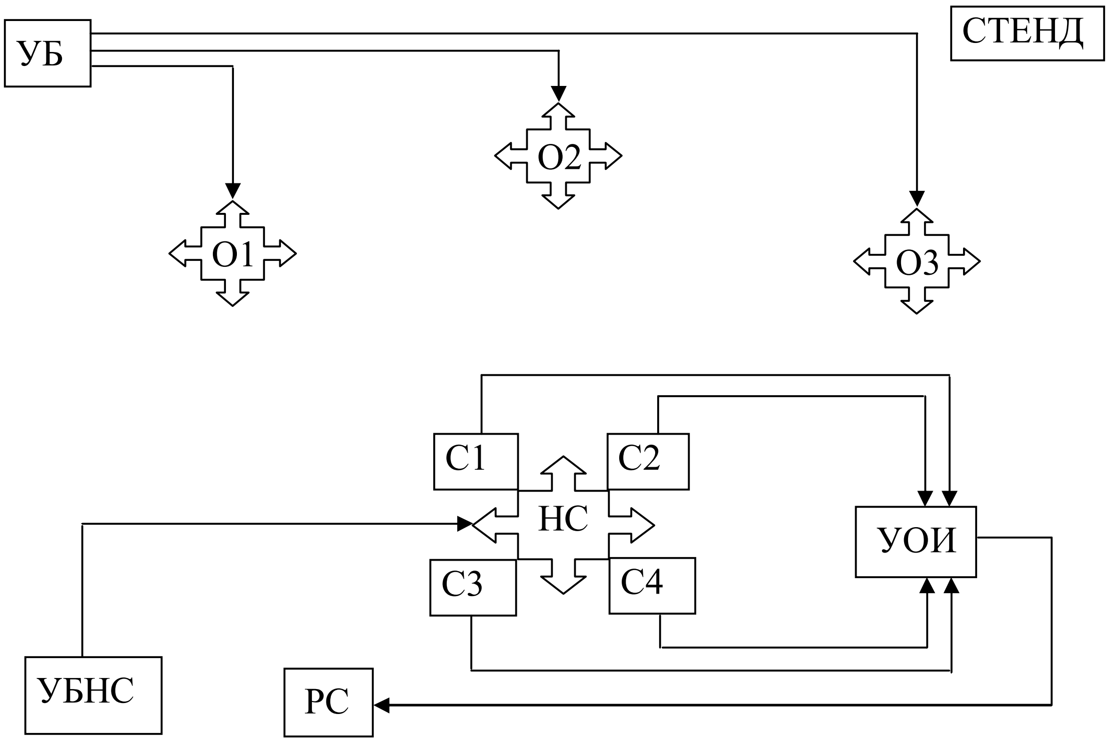



Рисунок 3 – Стенд исследования возможности предотвращения столкновения объектов

Стенд исследования возможности предотвращения столкновения объектов состоит из следующих элементов:

1. О1, О2, О3 – движущиеся объекты.
2. УБ – управляющий блок.
3. НС – носитель сенсоров.
4. С1, С2, С3, С4 – микроволновые сенсоры.
5. УОИ – устройство обработки информации.
6. УБНС – управляющий блок носителя сенсоров.
7. PC – персональный компьютер.

Описание работы стенда:

1. Управляющий блок задает параметры движения объектов, которые попадают в зону сканирования микроволновых сенсоров. Объекты могут двигаться в четырех направлениях.
2. Микроволновые сенсоры сканируют пространство вокруг носителя. Благодаря эффекту Доплера они определяют параметры движения объектов, находящихся в зоне сканирования, и передают данные об объектах устройству обработки данных.
3. Устройство обработки информации получает данные от микроволновых сенсоров, обрабатывает их и передает данные для анализа на PC.

# Выводы

Данные, получаемые от массива микроволновых сенсоров, формируют динамическую картину мира с некоторой точностью. Стенд исследования возможности предотвращения столкновения объектов может быть использован для создания системы принятия решений. Для выработки алгоритмов принятия решений следует определить технические параметры сенсоров, разрешающую способность системы в целом, скорость принятия решений и другие параметры. Система предотвращения столкновения может применяться во многих сферах, например, в автомобилестроении, машиностроении, робототехнике.

# Литература


1. Яворский Б.М. Основы физики / Б.М. Яворский, А.А. Пинский. – Т. 2: Колебания и волны. Квантовая физика. – М. : Наука, 1981. – 350 с.
2. Архангельский М.М. Курс физики / Архангельский М.М. – Механика. – Москва : Просвещение, 1975. – 235 с.
3. Микроволновые датчики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.radiodevice.com.ua/article.html


***В.О. Плотніков, В.О. Санжаревський***

**Стенд для дослідження проблем, побудови та випробування системи запобігання зіткнення об'єктів на основі використання масиву мікрохвильових сенсорів**

Дана стаття присвячена розробці стенда, що дозволяє досліджувати проблеми, що пов'язані з побудовою системи запобігання зіткненням об'єктів за допомогою масиву мікрохвильових сенсорів.

***V.A. Plotnikov, V.A. Sanzharevskii***

**The Stand for Research of Constructions and Testing of the Object Collisions Prevention System Based on the Microwave Sensors Usage**

The article deals witt the development of the stand for construction of the system to prevent of object collisions by means of microwave sensors.

*Статья поступила в редакцию 11.06.2009.*